

**PRV**PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

PCT/SE 97/00897

**Intyg  
Certificate**REC'D 30 JUL 1997  
WIPO PCT

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(71) Sökande Asea Brown Boveri AB, Västerås SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 9602085-4  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 1996-05-29  
Date of filing

Stockholm, 1997-06-24

**PRIORITY DOCUMENT**

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

*Evy Morin*  
Evy Morin

Avgift  
Fee

**PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET**  
SWEDEN

Postadress/Adress  
Box 5055  
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone  
+46 8 782 25 00  
Vx 08-782 25 00

Telex  
17978  
PATOREG S

Telefax  
+46 8 666 02 86  
08-666 02 86

# ROTERANDE ELEKTRISK MASKIN MED KABELFIXERING JÄMTE FÖRFARANDE VID TILLVERKNING AV SÅDAN

Föreliggande uppfinning hänför i en första aspekt sig till en roterande elektrisk maskin av det i patentkravets 1 ingress angivna slaget, exempelvis synkronmaskiner, men även dubbelverkande maskiner, tillämpningar i asynkrona strömriktarkaskader, ytterpolmaskiner och synkronflödesmaskiner.

I en andra aspekt av uppfinningen hänför den sig till ett förfarande av det i patentkravets 16 ingress angivna slaget.

Maskinen är i första hand avsedd som generator i en kraftstation för alstring av elektrisk effekt. Maskinen är avsedd att användas vid höga spänningar. Med höga spänningar avses här elektriska spänningar, som i första hand överstiger 10 kV. Ett typiskt arbetsområde för maskinen enligt uppfinningen kan vara 36 till 800 kV.

Liknande maskiner har konventionellt utformats för spänningar i intervallet 6 - 30 kV, och 30 kV har normalt ansetts vara en övre gräns. Detta innebär normalt att en generator måste anslutas till kraftnätet över en transformator som transformerar upp spänningen till nätets nivå - i området ca 100 - 400 kV.

Genom att använda högspända isolerade elektriska ledare, i det följande benämnda kablar, med fast isolation av likartat utförande som kablar för överföring av elektrisk kraft (exempelvis PEX-kablar) i maskinens statorlindning kan maskinens spänning höjas till sådana nivåer att den kan direktanslutas till kraftnätet utan mellanliggande transformator.

Konceptet innebär att de spår i vilka kablarna förläggs i statorn i allmänhet blir djupare än vid konventionell teknik (tjockare isolation p g a högre spänning - flera varv i lindningen). Spåret har vid en maskin av detta speciella slag ett djup som motsvarar mer än hälften och normalt mer än 2/3 av kärnans radiella utsträckning. Detta

innebär bl a nya problem vad avser mekaniska egensvängningar i statortänderna (mellanrummen mellan statorspåren) samt kylningen av dessa.

5 Fastsättningen av kabeln i spåret är också ett problem - kabeln måste kunna föras in i spåret utan att dess ytskikt skadas, den utsätts för strömkrafter med frekvensen 100 Hz vilket gör den vibrationsbenägen, och förutom tillverkningstoleranser vad avser ytterdiametern kommer också dess dimensioner att variera med temperaturvariationer (dvs belastningsvariationer).

10 Ehuru den allt dominerande tekniken vid leverans av ström till ett högspänningsnät, ett begrepp som i föreliggande ansökan avser nivån 100 kV och uppåt, än att såsom inledningsvis nämnts införa en transformator mellan 15 generatorn och kraftnätet, så är det förut känt att söka eliminera transformatorn och generera spänningen direkt vid nätets nivå. En sådan generator beskrivs exempelvis i US-4429244, US-4164672 och US-3743867.

20 Föreliggande uppfinning är relaterad till de ovan nämnda problemen förknippade med att uppta kablarnas vibrationer och åstadkomma en tillfredsställande fixering av dessa trots de dimensionsvariationer som uppstår i en kabel vid de spänningsnivåer det är fråga om i en maskin av det aktuella slaget. Det är samtidigt ett nödvändigt villkor att 25 åtgärder för att lösa detta kan vidtagas utan att det uppstår mekanisk åverkan på kabelns ytterskikt som utgöres av ett oskyddat halvledarskikt.

30 Tidigare är förut känt att mellan paketet av kablar i ett spår och en vid spårets mynning belägen kil anordna en slang fylld med härdad epoxy som trycker ihop kablarna i radiell riktnig ut mot spårets botten. Genom anliggningen av kablarna mot varandra erhålles därmed en viss fixering även i sidled. En sådan lösning är dock ej möjlig när kablarna är 35 anordnat åtskilda från varandra i spåret. Vidare blir fixeringskraften i sidled förhållandevis begränsad och någon anpassning till diametervariationer uppnås ej. Denna konstruktion är därför ej användbar för högspänningskablar av

det slag det är fråga om vid maskinen enligt föreliggande uppfinning.

Ändamålet med föreliggande uppfinning är mot denna bakgrund att åstadkomma en maskin av det aktuella slaget som medger en elastisk fixering av kabeldelarna eller härvidsidorna i statorns spår.

Detta har enligt uppfinningen lösts genom att en maskin av det i patentkravets 1 ingress angivna slaget uppvisar de speciella särdrag som anges i kravets kännetecknande del och genom att ett förfarande av det i patentkravet 16 angivna slaget innefattar de speciella åtgärder som anges i detta kravs kännetecknande del.

Genom de långsträckta tryckorganen som löper parallellt med kabeldelarna fixeras dessa i spåren, och fjädringsorganen medger att en viss grad av diameterförändring hos kabeln kan upptas. Därmed skapas en viktig förutsättning för att kunna åstadkomma en maskin som har högspänningskablar i lindningarna vid en spänningsnivå som medger direktkoppling till kraftnätet utan en mellanliggande transformator.

Vid en fördelaktig utföringsform utgöres tryckelementen av en slang fylld med ett tryckhärdat material, företrädesvis epoxi. Därmed åstadkommes ett ändamålsenligt och tillförlitligt slag av tryckelement och som är enkelt att anbringa.

Vardera tryckelement är enligt en föredragen utföringsform anordnat att samtidigt verka mot två kabeldelar så att antalet tryckelement kan begränsas till ungefär hälften av antalet kabeldelar i varje spår. Tryckelementen är företrädesvis anordnade i midjepartier hos spåret, belägna mellan ett par kabeldelar, vilket underlättar att utnyttja ett enda tryckelement för två kabeldelar. Därvid är det fördelaktigt att utföra midjepartiet med en förträngning endast på dess ena sida för att bereda utrymme för tryckelementet på den motsatta.

Tryckorganen är enligt en föredragen utföringsform anordnade på samma sida av spåret som fjädringsorganen,

vilket ger ett enkelt utförande och varvid det är fördelaktigt att tryckorganen och fjädringsorganen är förbundna med varandra, lämpligtvis som en tryckslang med på sin ytteryta anbragta elastiska kuddar.

5 Ovan angivna och andra fördelaktiga utföringsformer av uppfinningen anges i de av patentkravet 1 beroende underkraven.

Genom det uppfunna förfarande angivet i patentkravet 16 kan tryckorgan på ett smidigt sätt anordnas i statorspåren så att ett ekonomiskt tillverkningssätt uppnås 10 vad gäller den aktuella detaljen hos maskinen. Detta tack vare att tryckmediet fylls i slangen först efter det att slangen är på plats.

Därvid är det fördelaktigt att dra igenom slangen 15 ett flertal gånger fram och tillbaka för att av en och samma slang bilda ett flertal tryckelement som gemensamt fylls med tryckmedium.

Ovan angiven och andra fördelaktiga utföringsformer av det uppfunna förfarandet anges i de av patentkravet 16 20 beroende underkraven.

Uppfinningen förklaras närmare genom efterföljande detaljerade beskrivning av föredragna utföringsformer av densamma under hänvisning till bifogade ritningar i vilka

25 fig. 1 är en schematisk axiell ändvy av en sektor av statorn hos en maskin enligt uppfinningen,

fig. 2 är ett schematiskt axiellt delsnitt genom ett statorspår enligt en första utföringsform av uppfinningen,

30 fig. 3 är ett snitt längs linjen III-III i fig. 2,

fig. 4 är ett snitt motsvarande det i fig. 2, men illustrerande en andra utföringsform av uppfinningen,

fig. 5 visar en detalj av fig. 2 före dess montering,

35 fig. 6 visar på motsvarande sätt som fig. 5 en detalj av fig. 4,

fig. 7 är ett tvärsnitt genom en ledare använd i maskinen enligt uppfinningen.

I den schematiska axialvyn i fig. 1 genom en sektor av maskinens stator 1 är dess rotor betecknad med 2. Statorn är på konventionellt sätt sammansatt av en laminerad kärna av stålplåt uppdelad i sektorformade sektioner, varav en sådan visas i figuren. Från ett radiellt ytterst beläget ryggparti 3 av kärnan sträcker sig ett antal tänder 4 radiellt in mot rotorn 2, vilka åtskiljes av spår 5 i vilka statorlindningen är anordnad. Spåren 5 har ett avsevärt större djup vid denna för högspänning avsedda maskin än vad som är vanligt.

Kablarna 6 i lindningarna är högspänningskablar som kan vara i huvudsak samma slag av högspända kablar som användes för kraftdistribution, s.k. PEX-kablar. En skillnad är att det yttre mekaniskt skyddande hölje som normalt omger en sådan är eliminerat så att kabeln endast innefattar ledaren, ett inre halvledarskikt, ett isolerskikt samt ett yttre halvledarskikt. På kabelns yta ligger således det för mekanisk åverkan känsliga halvledarskikt naket.

I figuren är kablarna 6 schematiskt återgivna i det att endast respektive kabelfels eller härvidas ledande centrala del är utritad. Som framgår har vardera spår 4 varierande tvärsnitt med omväxlande vida 7 och trånga 8 partier. De vida partierna 7 är i huvudsak cirkulära och omger kabeldelarna varvid midjepartier mellan dessa bildar trånga partier 8. Midjepartierna tjänar till att radiellt fixera varje kabelfels läge. Spårets tvärsnitt är dessutom i sin helhet något avsmalnande radiellt inåt. Detta för att spänningen på kabeldelarna är lägre ju närmare statorns radiellt inre del de är belägna. Klenare kabeldelar kan därför användas där medan allt grövre blir nödvändiga längre ut. I det illustrerade exemplet användes kablar av tre olika dimensioner, anordnade i tre i översstämmelse därmed dimensionerade sektioner 9, 10, 11 av spåren 5.

I fig. 2 visas ett förstorat snitt genom en del av ett statorspår 5. Spåret är i huvudsak av det slag som visas i fig. 1. En skillnad är att en del av midjepartierna 8, d.v.s. de partier av mindre vidd som åtskiljer kabeldelarna 6 är ensidiga. Sålunda är vartannat trångt parti 8b utfört med

förträngningar på båda sidor så att det tränga partiet blir i huvudsak symmetrisk och vartannat trängt parti 8a uppvisar en förträngning endast på ena sidan, medan dess andra sida ligger i tangentialplanet 9 till intilliggande

5 cirkelbågformade vida partier. Spåret 5 kommer således i längsriktningen att ha partier av tre olika vidd; de vida cirkulära partierna 7, de ensidiga midjepartierna 8a och de ännu trängre dubbelsidiga midjepartierna 8b. Dessutom uppvisar spåret 5 även här som i fig. 1 sektioner 9, 10, 11

10 av olika vidd.

Anordnandet av de ensidiga midjepartierna 8a skapar ett extra utrymme i spåret som gör det möjligt att där anordna tryckelement 13. Det i figuren visade tryckelementet 13 utgöres av en slang som sträcker sig axiellt genom spåret

15 d.v.s. parallellt med kabeldelarna 6. Tryckelementet 13 är fyllt med tryckhärdat epoxi, som pressar slangen ut mot intilliggande ytor, och vid hårdningen får en form som svarar mot dessa ytor. Epoxin är införd under ett tryck av ca 1 MPa. Slangen får således en i huvudsak triangulär tvärsnittsform,

20 med en första yta 11a stödjande mot spårväggen, en andra, konkavt cirkelbågformad yta 11b anliggande mot en av de intilliggande kabeldelarna 6b och en tredje yta 11c med samma form som den andra men anliggande mot en annan av de intilliggande kabeldelarna 6a. Anordnad på detta sätt pressar

25 tryckelement 13 samtidigt de båda kabeldelarna 6a, 6b mot den motsatta spårväggen med en kraft på respektive kabeldel 6a, 6b som i huvudsak är riktad genom dess centrum.

På den motstående spårväggen är en duk 14 av gummi eller annat material med motsvarande elastiska egenskaper anordnad. Vardera kabeldel kommer därmed att vara fjädrande

30 inspänd mellan tryckelementet 13 och gummiduken 14 så att den fixeras i sitt läge, men så att det samtidigt blir möjligt att uppta termisk utvidgning av kabeln. Gummiduken 14, såsom framgår av det i fig. 3 visade förstörade snittet genom denna, är lämpligtvis försedd med spår 15 varigenom en

35 avstämning av optimal fjäderkonstant hos duken kan åstadkommas genom att på lämpligt sätt välja djup, bredd och

delning på dessa.

I fig. 4 visas en alternativ utföringsform av uppfinningen, modifierad från den enligt fig. 2 i huvudsak därigenom att gummiduken 14 i denna har ersatts med gummikuddar 16b, 16c anordnade i form av platta gummiband anordnat på de mot kabeldelarna vända ytorna 111b, 111c av tryckelementet 113. Dessa gummikuddar skapar den nödvändiga elasticiteten i fixeringen och eliminerar behovet av en gummiduk på motsatta sidan. En annan skillnad är vidare att en i axialriktningen långsträckt fördjupning 17 är upptagen i spårets 5 vägg på de ställen där tryckelementen 113 är anordnade. Detta ger ett större utrymme för dessa och ger ett stöd för tryckelementet 113 även i radiell riktning.

Tryckelementen 13, 113 införes i spåren först efter det att statorns kablar är lindade. Tryckelementens 3, 113 slang 11, 111 skjuts därvid in axiellt i det i huvudsak triangelformade utrymmet mellan ett par kabeldelar och den tangentiella väggdelen 9. Slangen är då ännu ej fylld med epoxi, så att den har en kollapsad form såsom illustreras i fig. 5 och 6 för respektive utföringsform. Därmed blir det lätt att dra slangen genom det tillgängliga utrymmet. När slangen är på plats fylls den med epoxi så att dess tvärsnitt expanderar och kommer att i stort sett fylla ut den triangelformade spalten. Epoxin införes under ett tillräckligt tryck för att med önskad kraft trycka respektive kabeldel 6a, 6b mot den motstående väggen av spåret. Den trycksatta epoxin får härda vid detta tryck för att bibehålla en konstant tryckkraft på kabeldelarna.

En och samma slang 11 resp. 111 kan dras fram och tillbaka genom spåret 5 upprepade gånger så att de olika tryckelementen som ingår i ett spårs tryckorgan vid anbringandet bildas av en enda lång slang, vilken därefter fylls med epoxi på ovan beskrivet sätt. När epoxin väl härdad kan de bågformiga slangpartier som bildas utanför vardera ändplan av statorn skäras bort och avlägsnas.

Gummiduken i det visade exemplet behöver nödvändigtvis inte vara anordnad i den i förhållande till



tryckelementet motsatta sidan av spåret utan kan även vara anordnad på samma sida som detta. Fjädringselementet vid utförandet enl. fig. 2 behöver inte heller vara utfört som en duk utan kan i likhet med vid utföringsformen enl. fig. 4 vara bandformat.

I stället för ett under tryck härdat material såsom epoxi kan slangen fyllas med ett tryckfluidum i gas- eller vätskeform. Därvid erhåller själva slangen elastiska egenskaper och kommer att fungera såväl som tryckelement som fjädringsorgan. Gummiduken/listerna behövs ej vid ett sådant utförande.

Uppfinningen kan med fördel kombineras med ett utförande där vardera spår är fodrat såsom beskrives i den samma dag som föreliggande ansökan ingivna SE-960... med titeln "Roterande elektrisk maskin jämte förfarande vid tillverkning av en sådan".

I figur 7 visas en tvärsnittsvy på en högspänningskabel 6 enligt föreliggande uppfinning. Högspänningskabeln 6 innefattar ett antal kardeler 31 med cirkulärt tvärsnitt av exempelvis koppar (Cu). Dessa kardeler 31 är anordnade i mitten av högspänningskabeln 6. Runt kardelerna 31 finns anordnat ett första halvledande skikt 32. Runt det första halvledande skiktet 32 finns anordnat ett isolationsskikt 33, t.ex. PEX-isolation. Runt isolationsskiktet 33 finns anordnat ett andra halvledande skikt 34. Begreppet högspänningskabel i föreliggande ansökan innefattar således ej det yttre skyddshölje som normalt omger en dylik kabel vid kraftdistribution.

## PATENTKRAV

1. Roterande elektrisk högspänningsmaskin vars statorlindningar innefattar högspänningskablar (6) anordnade i radiella spår (5) i statorns (1) kärna, där varje genomföring av kabeln genom en spår (5) i det följande betecknas kabeldel, k å n n e t e c k n a d av organ (13, 113) för fjädrande fixering av vardera kabeldel i vardera spår (5) vilka organ (13, 113) innefattar mot vardera kabeldel verkande tryckorgan anordnat mellan kabeldelen och åtminstone ett av spårets (5) sidoväggar samt fjädringsorgan anordnat mellan kabeldelen och åtminstone ett av spårets sidoväggar, varvid nämnda tryckorgan innefattar ett flertal långsträckta tryckelement förlöpande i kabeldelens riktning.
2. Maskin enligt patentkravet 1, anordnad för anslutning direkt till ett kraftnät utan mellanliggande transformator.
3. Maskin enligt patentkravet 1 eller 2, vid vilken vardera av nämnda tryckelement är utfört som en slang innefattande ett hölje omgivande ett tryckhärdat material.
4. Maskin enligt patentkravet 3, vid vilken nämnda material är epoxi.
5. Maskin enligt patentkravet 1 eller 2, vid vilken vardera av nämnda tryckelement är utfört som en slang innefattande ett hölje och i detta inneslutet trycksätt fluidum.
6. Maskin enligt något av patentkraven 1 - 5, vid vilken åtminstone flertalet av nämnda tryckelement verkar på två intilliggande kabeldelar.
7. Maskin enligt något av patentkraven 1 - 6, vid vilken nämnda spår i ett axialsnitt uppvisar en profil med varierande tvärsnitt där vardera sidoyta hos spåret mitt för varje kabeldel uppvisar ett mot kabelns ytterdiameter svarande cirkelformat parti och mellan dessa cirkelformade partier uppvisar midjepartier med mindre spårvidd, varvid nämnda tryckelement är anordnade i nämnda midjeparti.
8. Maskin enligt patentkravet 7, vid vilken åtminstone

några av nämnda midjepartier är ensidiga midjepartier definierade av att den ena spårväggen vid ett sådant utgöres av ett tangentialplan till nämnda cirkelformade partier och den andra spårväggen på sin mitt emot belägna del utgöres av ett förbindelseplan som ligger mellan och i huvudsak parallellt med motsvarande tangentialplan och ett plan förbindande de cirkelformade partiernas centra, varvid nämnda tryckelement är anordnat vid den ett tangentialplan utgörande spårväggen.

9. Maskin enligt något av patentkraven 1 - 8, vid vilken samtliga tryckelement i ett spår är anordnade vid en och samma vägg hos spåret.

10. Maskin enligt något av patentkraven 1 - 9 vid vilken nämnda tryckorgan och nämnda fjädringsorgan är anordnade intill samma spårvägg, varvid fjädringsorganen är förbundna med tryckorganen.

11. Maskin enligt något av patentkraven 1 - 10, vid vilken nämnda tryckorgan och nämnda fjädringsorgan är anordnade intill olika av spårets väggar.

12. Maskin enligt patentkravet 11, vid vilken nämnda fjädringsorgan utgöres av en duk av elastiskt material.

13. Maskin enligt patentkravet 12, vid vilken nämnda duk är försedd med spår.

14. Maskin enligt patentkravet 10, vid vilken nämnda fjädringsorgan utgöres av på tryckorganet anbringade kuddar av elastiskt material.

15. Maskin enligt patentkravet 14, vid vilken nämnda kuddar är försedda med spår.

16. Förfarande vid tillverkning av en roterande elektrisk högspänningsmaskin vars statorlindningar innefattar högspänningskablar anordnade i radiella spår i statorns kärna, där varje genomföring av kabeln genom ett spår i det följande benämns kabeldel, i vilka spår tryckorgan i form av långsträckta tryckelement förlöpande i kablarnas riktning är anordnade för att fixera vardera kabeldel, vilket förfarande är relaterat till anbringande av nämnda tryckelement, k ä n n e t e c k n a t av att slangformade element införas

i spåren och orienteras axiellt, varefter de slangformade elementen fylls med ett tryckmedium.

17. Förfarane enligt patentkravet 15, vid vilket de slangformade elementen fylls med ett hårdbart material, vilket får härda under tryck.

18. Förfarande enligt patentkrav 16 vid vilket de slangformade elementen fylls med epoxi.

19. Förfarande enligt något av patentkraven 16 - 18, vid vilket de slangformade elementen införes efter det att kabellindningarna anbringats.

20. Förfarande enligt något av patentkraven 16 - 19, vid vilken ett och samma slangformade element införes så att det sträcker sig ett flertal slingor fram och tillbaka genom spåren.

---

## SAMMANDRAG

Uppfinningen är relaterad till en roterande elektrisk högspänningsmaskin. Maskinen är företrädesvis avsedd att användas för anslutning direkt till kraftnätet utan någon mellanliggande transformator. Statorlindningarna innefattar högspänningskablar anordnade i radiella spår i statorns kärna.

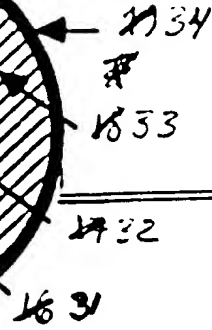
För att fixera högspänningskablarna i spåren och för att medge upptagning av deras diameterexpansion är radiellt förlöpande tryck- och fjädringsorgan anordnade i spåren.

---

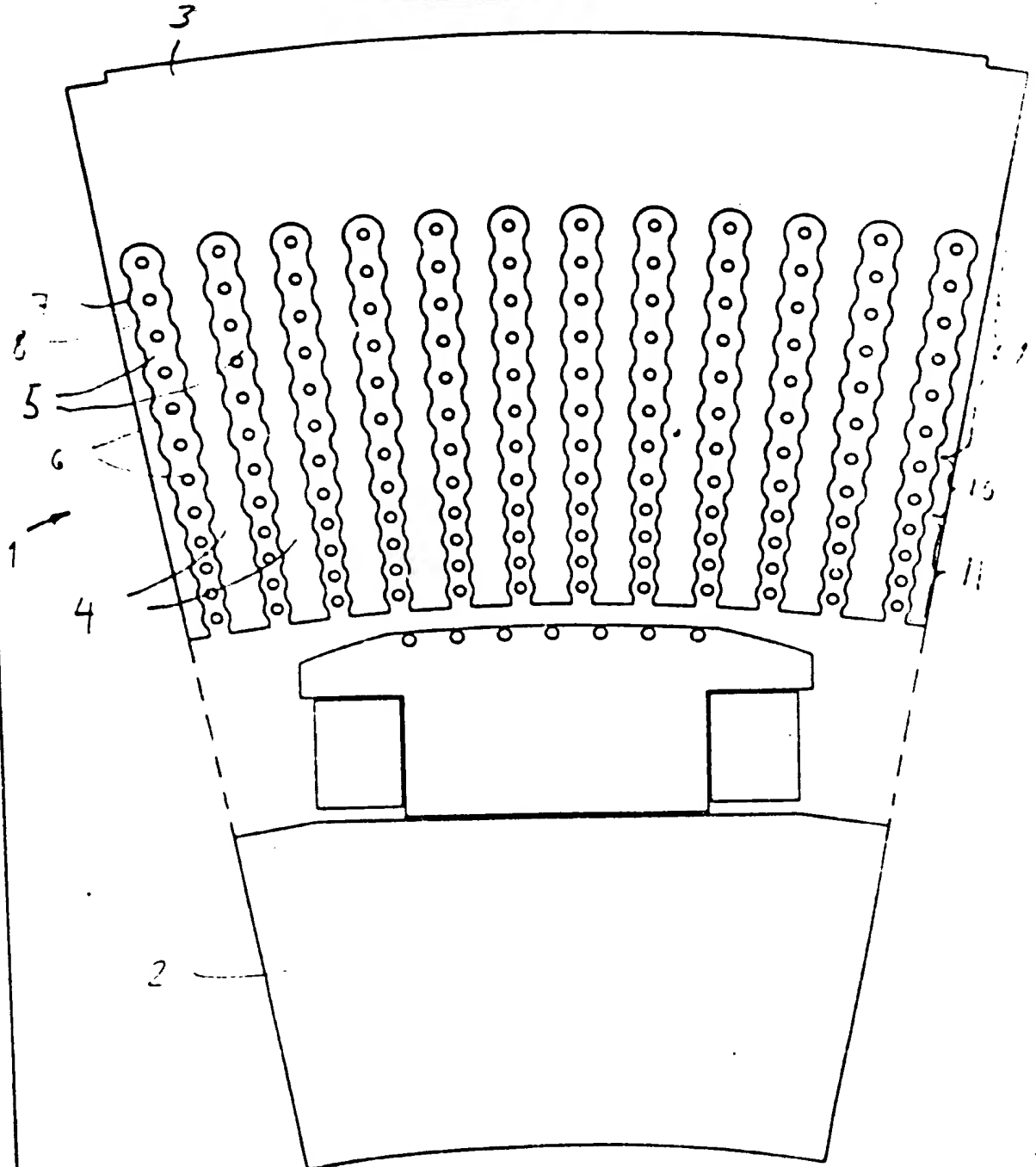
(fig. 2)

96 P. 117 B. 45  
1871 2

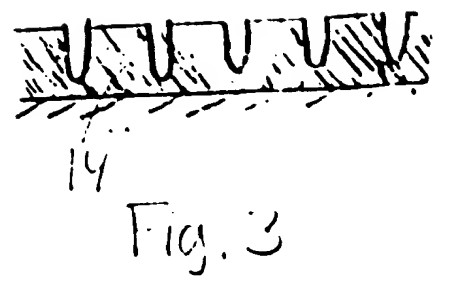
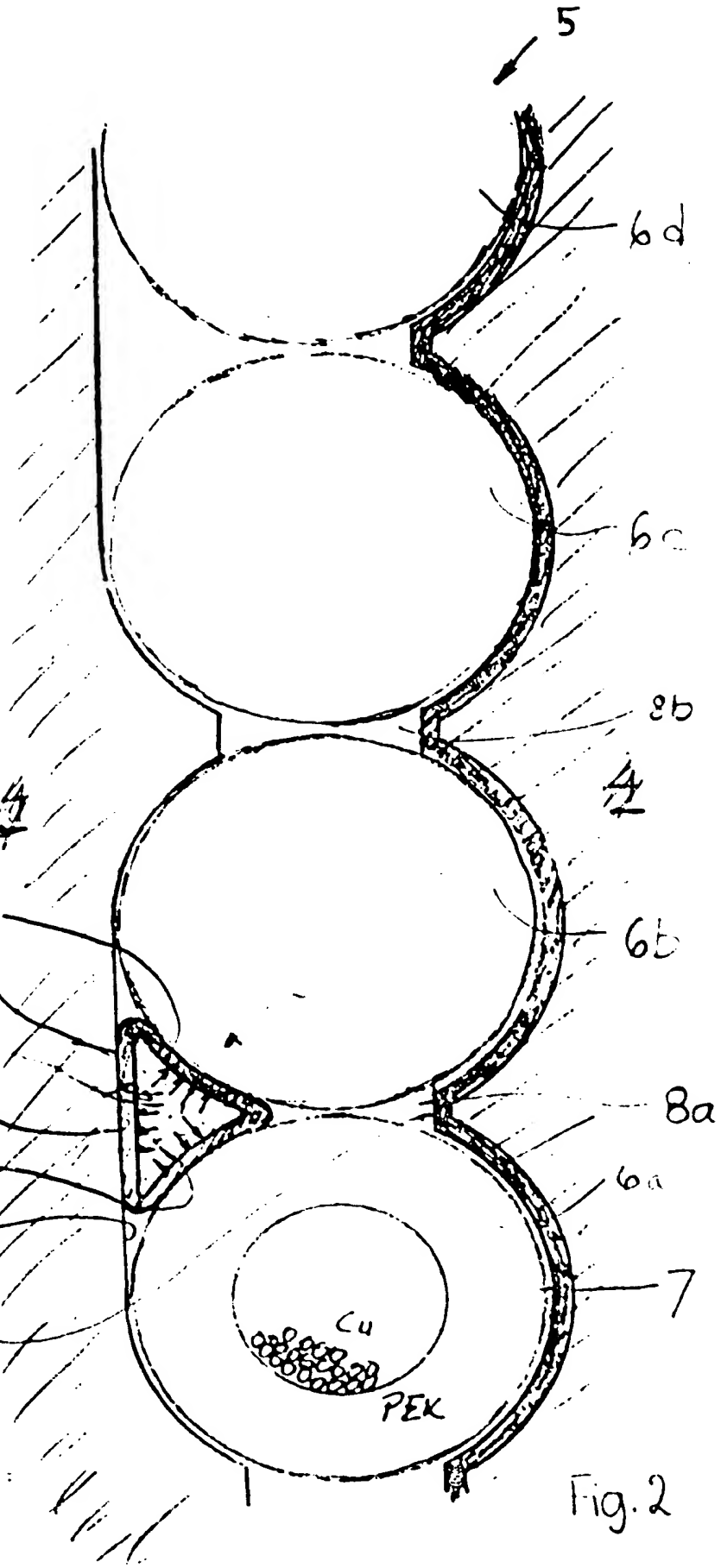
6  
138 413 —



~~they~~



49



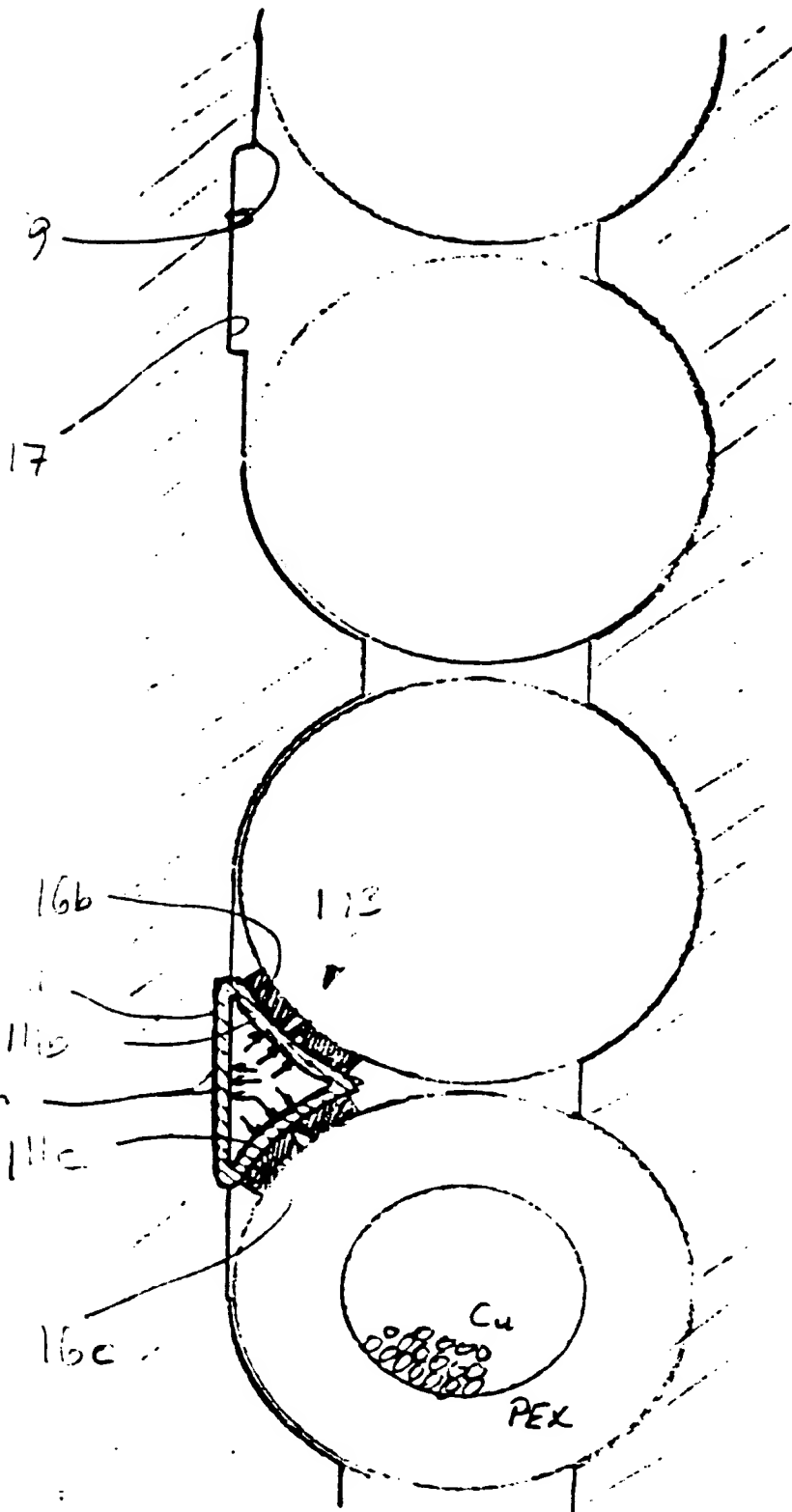


Fig 4

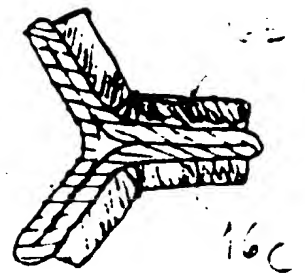
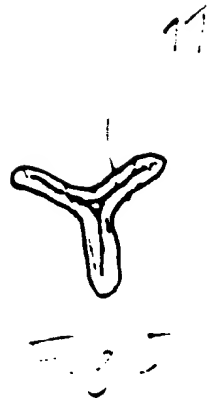


Fig 6